

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de suelos Arcillosos a nivel de subrasante adicionando residuos calcáreos costeros

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Ellar Alexander Cotrina Vasquez

ASESOR

Ronald Esteban Villanueva Maguiña

<https://orcid.org/0000-0002-3707-5503>

Chiclayo, 2023

TIB

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	repositorio.unibague.edu.co Fuente de Internet	1%
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	1library.co Fuente de Internet	<1%
8	en.calameo.com Fuente de Internet	<1%
9	www.abcmedicus.com Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	4
Abstract	5
Introducción.....	6
Referencias.....	19

Resumen

El objetivo de estudio de la presente tesis fue validar la hipótesis que plantea el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos, incorporando agregados provenientes de los residuos calcáreos de las siguientes combinaciones: $20\%RC+80\%S$, $30\%RC+70\%S$, $40\%RC+60\%S$ y $50\%RC+50\%S$. Para ello, se experimentó dichos porcentajes en tres muestras: C-01, C-02 y C-03, clasificándose como: CL (Arcillas de baja plasticidad) respectivamente. Así mismo, en base a los ensayos de laboratorio, se determinó como contenido óptimo de los estabilizantes, el $40\%RC+60\%S$, pues estos generan un IP de 19.00%, 20.00% y 19.00% según sea la muestra de suelo, alterándolo en 0.1 a 2.00 veces su valor natural, a su vez, la MDS resultó de 1.98, 1.96 y 1.93 g/cm³ correspondientemente, aumentándola en 0.37 hasta 0.25 veces su valor natural, en tanto, el CBR(95%) obtuvo los valores de 10.12%, 9.52% y 11.52% respectivamente, incrementándose en 1.14 a 2.84 veces su valor inicial. Recategorizándose las tres muestras de subrasantes de pobre a buena.

Palabras clave: Subrasantes, residuo calcáreo, conchas de abanico, capacidad de soporte.

Abstract

The study objective of this thesis was to validate the hypothesis posed by the improvement of the physical-mechanical properties of clayey soils, incorporating aggregates from calcareous residues of the following combinations:

20%RC+80%S, 30%RC+70%S, 40%RC+60%S and 50%RC+50%S.

For this, these percentages were experimented in three samples: C-01, C-02 and C-03, being classified as: CL (Low plasticity clays) respectively.

Likewise, based on laboratory tests, the optimal stabilizer content will be extended to 40%RC+60S%, since these generate an IP of 19.00%, 20.00% and 19.00% depending on the soil sample, altering it. in 0.1 to 2.00 times its natural value, in turn, the MDS was 1.98, 1.96 and 1.93 g/cm³ correspondingly, increasing it by 0.37 to 0.25 times its natural value, while the CBR (95%) obtained the values of 10.12%, 9.52% and 11.52% respectively, increasing from 1.14 to 2.84 times its initial value. Recategorizing the three subgrade samples from poor to good.

Keywords: Subgrades, calcareous residue, scallops, bearing capacity

Introducción

En los últimos años, el campo de la ingeniería ha dedicado un especial interés a proponer soluciones para el problema del deterioro de las vías pavimentadas, coyuntura presente en varios de los países latinoamericanos. En efecto se tiene distintos métodos de estabilización de los suelos, donde la base es mejorar las propiedades físico-mecánicas incorporando productos químicos y naturales. [1] Las vías de un país, cumplen una función muy importante en las actividades humanas, pues estas conectan dos a más ciudades, desarrollando el crecimiento económico y cultural; sin embargo, uno de los problemas latentes en ellas es la baja capacidad soporte en sus suelos, afectando la estructura del pavimento.

En el distrito de José Leonardo Ortiz, según [2], indica que al 2017, el 95% del total de sus vías necesitaban ser rehabilitadas de una forma urgente.

Se recalca que, el estado de los pavimentos en este sector se ven vulnerables debido a la calidad del terreno a nivel de subrasante arcillas de media y también alta plasticidad, arenas arcillosas, limosas y pobremente graduadas, teniendo un nivel de expansión de sus suelos de media a alta, con una baja capacidad portante, estando en un promedio de 0.50 a 1.00 kg/cm², pues en base a [3,4 y 5], nivel freático alto, alcanzando los 1.50 a 2.30m.

Donde surge la necesidad de mejorar estos suelos con nuevos materiales, como alternativa de solución se pensó en los agregados de los Residuos Calcáreos, esto debido a los buenos resultados técnicos y económicos encontrados, así como también, al gran abastecimiento que se cuenta en la localidad.

Según estudios recientes realizados se plantea aprovechar y reutilizar los residuos calcáreos triturados como agregados para la preparación de concreto y también estabilizante de suelos. Estudios como la de [6,7,8 y 9] dio respuestas satisfactorias usando las conchas de abanico trituradas para hacer una estabilización en suelos limosos, esto debido a las propiedades que presentan, reduciendo los gastos en la ejecución de carreteras.

En el abastecimiento de dichos residuos es donde se podría darse una reutilización inmediata a los más de 100000 m³ de residuos acumulados en los botaderos ya que no poseen ningún uso actualmente y tienen un lugar que podría ser mejor aprovechado, obteniendo una solución frente a la contaminación generada, también a una elección distinta, siendo eficaz y más económica. [10]

En base a todo lo descrito, el presente trabajo tuvo por objetivo validar la hipótesis que plantea el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos, incorporando agregados provenientes de los residuos calcáreos (Balbas de Conchas de Abanico), mostrándose a continuación una síntesis de la investigación realizada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Suelo: Las muestras de subrasantes arcillosas fueron obtenidas del tramo Av. La Despensa desde Antenor Orrego hasta Dorado, siendo extraídas a profundidades entre 0.20m a 1.50m, ejecutándose un total de tres puntos de exploración denominados calicatas (C-01, C-02 y C-03), para luego, caracterizarlas mediante ensayos de laboratorio.



Figura 01. Obtención de muestras subrasantes arcillosas



Fuente. Elaboración propia

Residuos Calcares (RC): La concha de abanico es un molusco, compuesta por 2 valvas. Este molusco se encuentra en regiones costeras, suele vivir normalmente en las bahías protegidas del oleaje. Además, se encuentran en arena fina y en profundidades de 2 a 20 metros. Asimismo, en aguas bien oxigenadas que tienen una temperatura de los 14 a 28 °C. Las Residuos Calcáreos (Las BALBAS de Conchas de Abanico) utilizadas, fueron obtenidas del botadero de la parte posterior del TERMINAL PESQUERO ECOMPHISA ubicado en la carretera Santa Rosa, a 29 minutos del centro de Chiclayo, Se recolectó las conchas de abanico en perfecto estado sin estar combinadas con alguna sustancia química del botadero, donde se presentan sustancias contaminantes como materia orgánica es descomposición, aguas residuales no tratadas, entre otras.

Figura 02. Agregados reciclados de carpetas asfálticas.



Fuente. Elaboración propia

2.2. Método

El método utilizado en la investigación, tuvo como fin cumplir con el objetivo planteado, para ello, se desarrollaron pruebas de laboratorio según el manual de ensayos de materiales propuesto por el MTC [11], siguiendo el proceso que se presenta a continuación

Gráfica 01. Procedimiento de investigación



Fuente: Elaboración propia.

3.RESULTADOS

3.1. Caracterización muestras naturales

Tabla 01: Caracterización de muestras naturales.

CALICATA		C-1/M-1 (0.20-1.7)	C-2/M-1 (0.10-1.60)	C-3/M-1 (0.10-1.60)
TIPO EXCAVACIÓN		MANUAL		
MUESTRA		Mab	Mab	Mab
ENSAYOS		RESULTADOS		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	Grava (%)	0.00	0.90	1.51
	Arena (%)	7.02	10.96	15.42
	Finos (%)	92.98	88.14	83.08
LÍMITES DE CONSISTENCIA	Limite Liquido (LL)	36	37	37
	Limite Plástico (LP)	15	15	16
	Índice de Plasticidad (IP)	21	22	21
ESTADO	Humedad (%)	22.50	17.99	22.32
CLASIFICACIÓN	S.U.C.S.	CL	CL	CL
	AASHTO	A-6(13)	A-6 (13)	A-6(13)
PROCTOR MODIFICADO Y CBR	M.D.S (%)	1.61	1.71	1.73
	O.C.H. (%)	12.28	11.38	11.19
	CBR AL 95% de la MDS (%)	3.43	3.18	3.12
ENSAYOS QUÍMICOS	Sales solubles (ppm)	16000	12500	11000

Fuente: Elaboración propia

3.2. Clasificación de los Residuos Calcáreos (RC) BALBAS

Tabla 02: Resultados de las balbas conchas de abanico.

ENSAYO	RESULTADO
Contenido de Humedad	0.43%
Densidad	2.10 g/ml

ANÁLISIS ELEMENTO	RESULTADO%
Calcio (CA)	97.574
Silicio (SI)	0.688
Estroncio (Sr)	0.577
Azufre (S)	0.478
Potasio (k)	0.376
Hierro (Fe)	0.158
Fosforo (P)	0.091
Circonio (Zr)	0.059

Fuente: Elaboración propia

3.4. Proceso experimental:

Tabla 04: índice plástico-muestras experimentales

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	IP(%)	IP(%)	IP(%)
Natural (100% S)	21	22	21
20% R.C + 80% S.	19	18	19
30% R.C + 70% S.	18	19	18
40% R.C + 60% S.	19	20	19
50% R.C + 50% S.	20	18	20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 07: CBR (95%)-muestras experimentales

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	CBR (%) al 95% M.D.S.	CBR (%) al 95% M.D.S.	CBR (%) al 95% M.D.S.
Natural (100% S)	3.43	3.18	3.12
20% R.C + 80% S.	5.88	5.25	5.12
30% R.C + 70% S.	7.28	7.23	7.20
40% R.C + 60% S.	10.12	9.52	11.1
50% R.C + 50% S.	6.66	6.13	6.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 05: Humedad óptima- muestras experimentales

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	O.C.H. (%)	O.C.H. (%)	O.C.H. (%)
Natural (100% S)	12.28	11.38	11.19
20% R.C + 80% S.	10.57	10.99	10.40
30% R.C + 70% S.	10.42	10.64	10.29
40% R.C + 60% S.	10.33	10.36	10.17
50% R.C + 50% S.	11.33	11.33	10.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 08: CBR (100%)-muestras experimentales

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	CBR (%) al 100% M.D.S.	CBR (%) al 100% M.D.S.	CBR (%) al 100% M.D.S.
Natural (100% S)	4.92	4.13	4.09
20% R.C + 80% S.	8.18	8.64	8.46
30% R.C + 70% S.	9.34	9.25	10.56
40% R.C + 60% S.	11.52	11.33	13.33
50% R.C + 50% S.	8.74	7.72	7.72

Fuente: Elaboración propia

Tabla 06: MDS- muestras experimentales

DOSIFICACIÓN	C-01	C-02	C-03
	M.D.S. (g/cm ³)	M.D.S. (g/cm ³)	M.D.S. (g/cm ³)
Natural (100% S)	1.78	1.87	1.87
20% R.C + 80% S.	1.79	1.87	1.87
30% R.C + 70% S.	1.79	1.9	1.88
40% R.C + 60% S.	1.81	1.84	1.84
50% R.C + 50% S.	1.79	1.88	1.89

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos, se procedió a evaluar e interpretar la influencia de los estabilizantes sobre las muestras de subrasantes arcillosas, mostrándose a continuación lo desarrollado.

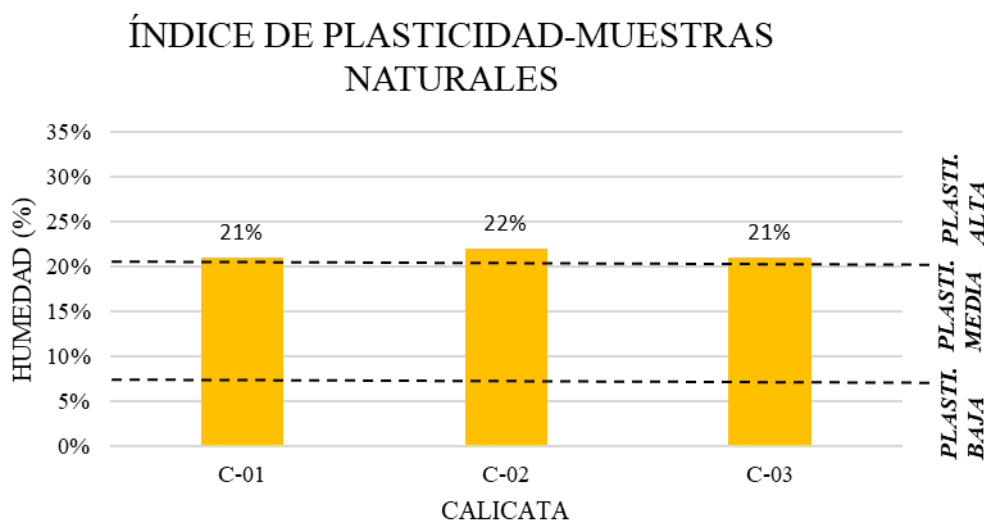
4. DISCUSIÓN

4.1. Muestras naturales

En base a la tabla 01, se observó que, todas las muestras de subrasantes se encontraban saturadas, pues presentaban una humedad natural por encima de la óptima (según ensayo Proctor), como solución ante ello, [11] recomienda, el terreno deberá ser remplazado o su energía de compactación deberá de intensificarse, cabe recalcar que, la propuesta de investigación se basó en remplazar parcialmente el suelo por Residuos Calcáreos (Balbas de Conchas de Abanico).

A su vez, al analizarse la plasticidad, siendo esta propiedad responsable de la estabilidad del suelo [16], se observó que, las muestras C-01, C-02 y C-03 presentaron una plasticidad MEDIA, considerándose como subrasante PELIGROSA.

Gráfica 02: Clasificación de suelo según su plasticidad propuesto por [12]



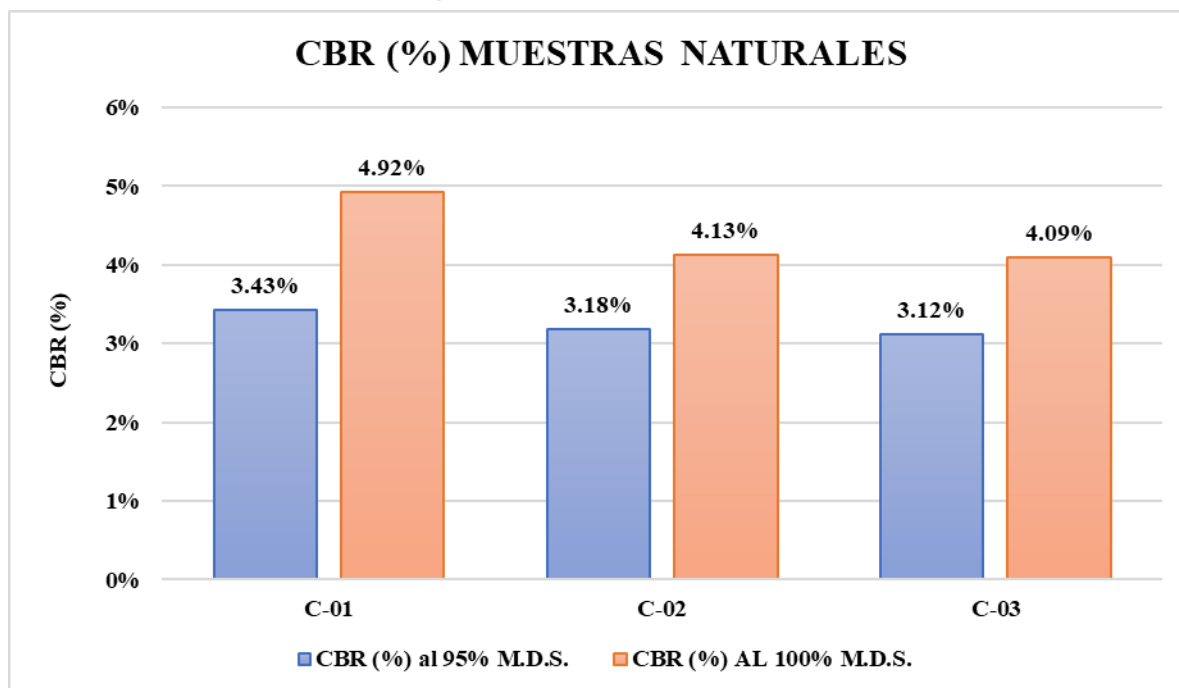
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a su clasificación, la muestra C-01, C-02 Y C-03 resultó ser un suelo arcilloso de alta plasticidad (CL/ A-6), correspondientemente.

Así mismo, el mayor valor de densidad seca la obtuvo la muestra C-03, siendo este de 1.73g/cm³, en tanto, la muestra C-02 alcanzó 1.71 g/cm³, no obstante, el menor valor fue obtenido en la muestra C-01 alcanzando 1.61 g/cm³, indicándose una menor resistencia y mayor comprensibilidad en esta subrasante [4]; confirmándose lo antes mencionado en el CBR al 95%MDS, pues se obtuvo un alcance de la muestra que es

la C-01 a 3.43 y C-02, alcanzando un 3.18 % y como era de esperarse, la muestra C-03 arrojó el menor valor, siendo este de 3.12%.

Gráfica 03: CBR (%) muestras naturales



Fuente: Elaboración propia

4.2. Balbas De Conchas De Abanico

De los resultados emitidos (ver Tabla 02), se obtuvo lo siguiente, las balbas de las conchas de abanico tratadas poseían una humedad natural de 0.43%, cuya densidad alcanzó los 2.10 g/ml, presentando un contenido total de 97.74 % de calcio (CA), silicio 0.688%, estroncio 0.577%, azufre 0.478%, potasio 0.376%, hierro 0.158%, fosforo 0.091%, circonio 0.059%. Teniendo en cuenta que el calcio es su principal componente.

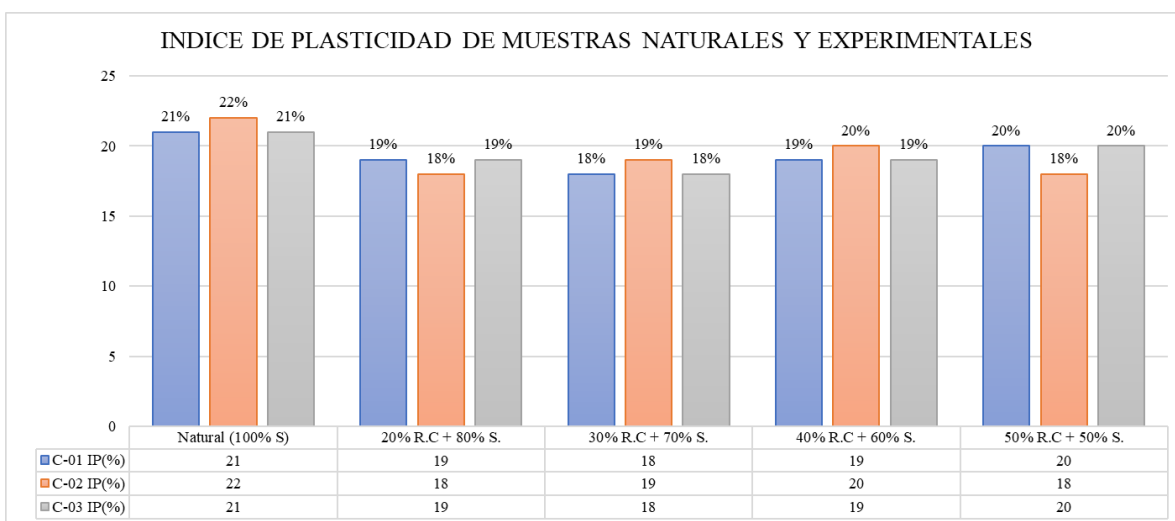
4.4. Muestras experimentales

Con el fin de seleccionar un contenido óptimo de los estabilizantes, se analizó su influencia en las propiedades de cada muestra, presentándose a continuación el análisis realizado

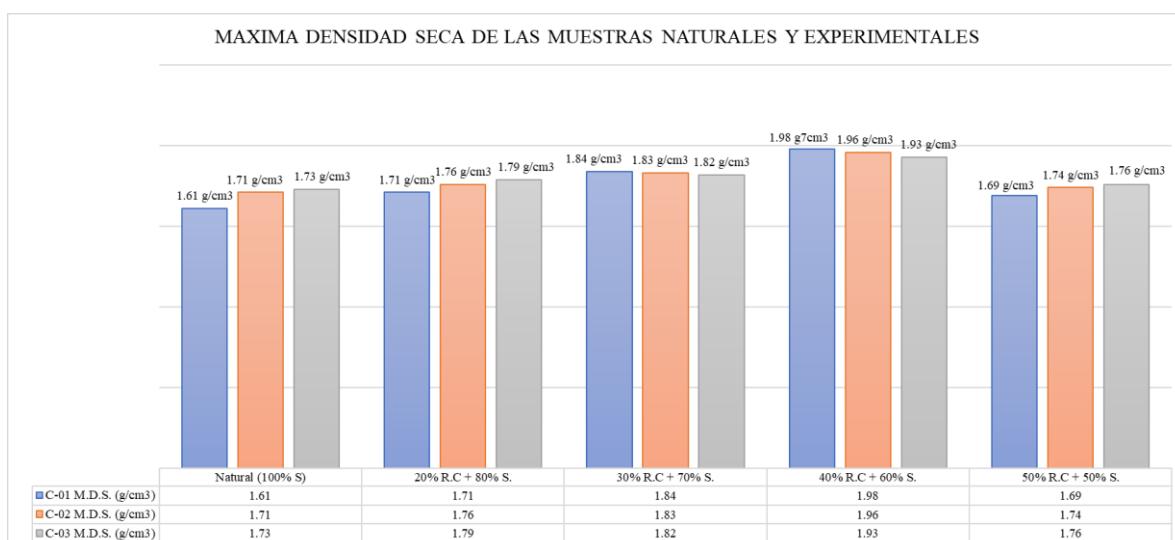
Respecto a la plasticidad (IP), esta propiedad se determinó utilizando el pasante a la malla N°40, es por ello que solo tendrá influencia de las balbas de concha de abanico pulverizada, lo que se pretende es reducir la magnitud de este parámetro, pues esto, contribuye con la estabilidad del suelo y la reducción de su susceptibilidad ante el

agua, en base a lo mencionado, se observa en la gráfica 04 para las muestras C-01, C-02 y C-03, la reducción de un porcentaje de 1% a 2% de la muestra natural con las combinaciones con dicho porcentaje las que tienden a reducir el IP, en tanto, para la muestra C-03, resultó como porcentaje óptimo el 10.17%.

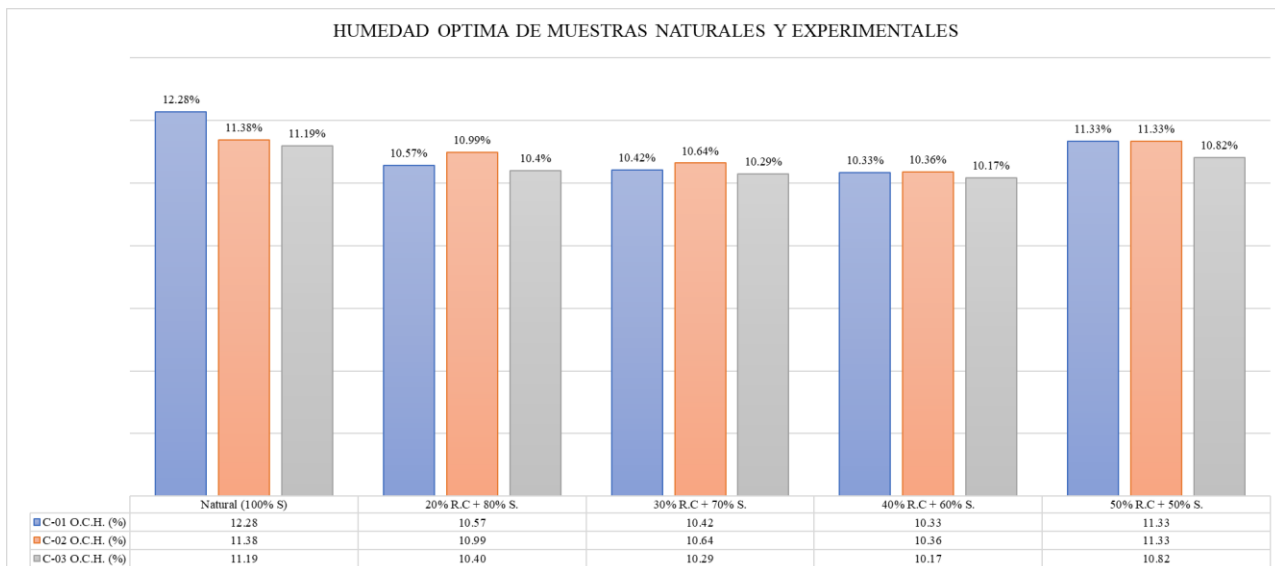
En cuanto a la densidad seca máxima, se observa para las muestras C-01, C-02 y C-03 que, el estabilizante con mayor realce en esta propiedad fue la combinación del 40% RC + 60% S, según la gráfica 05, se visualiza que al incrementar el contenido de RC, aumenta favorablemente la MDS, pero tendrá un punto de esta decrecerá, así mismo, disminuye el OCH (ver gráfica 06), resultando como porcentaje ideal el 40% balba de



Gráfica 04: IP (%) en todas las muestras analizadas. Fuente: Elaboración propia

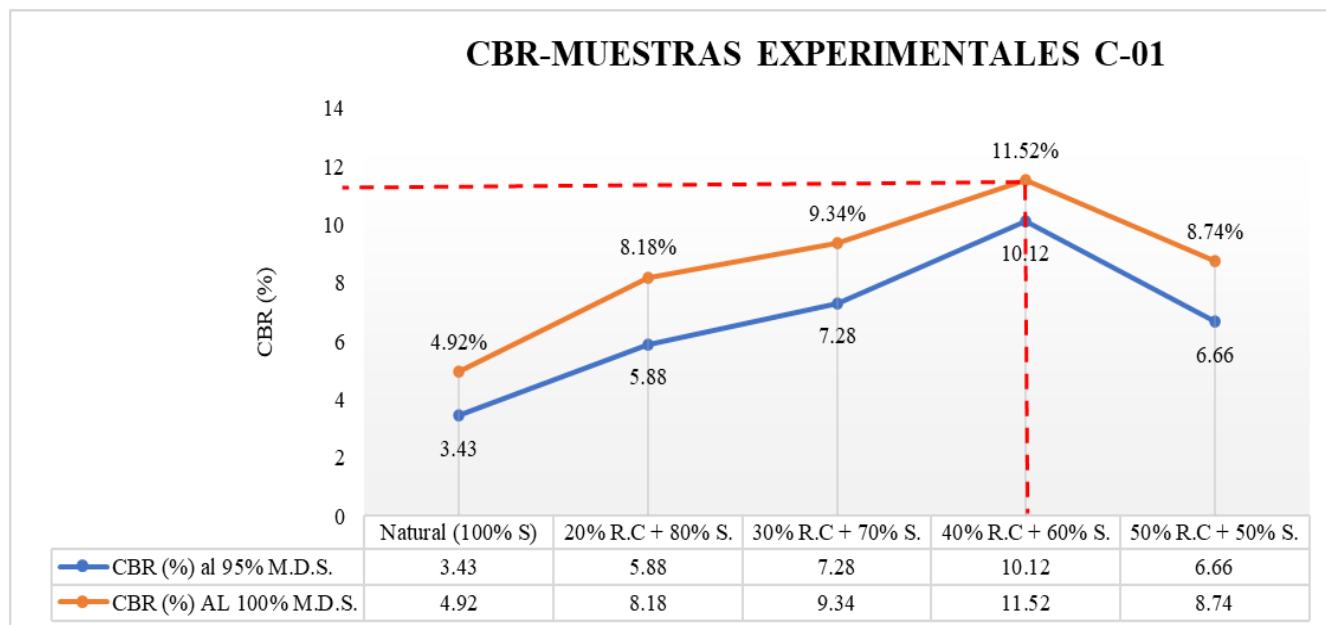


Gráfica 05: MDS (g/cm³) en todas las muestras analizadas. Fuente: Elaboración propia

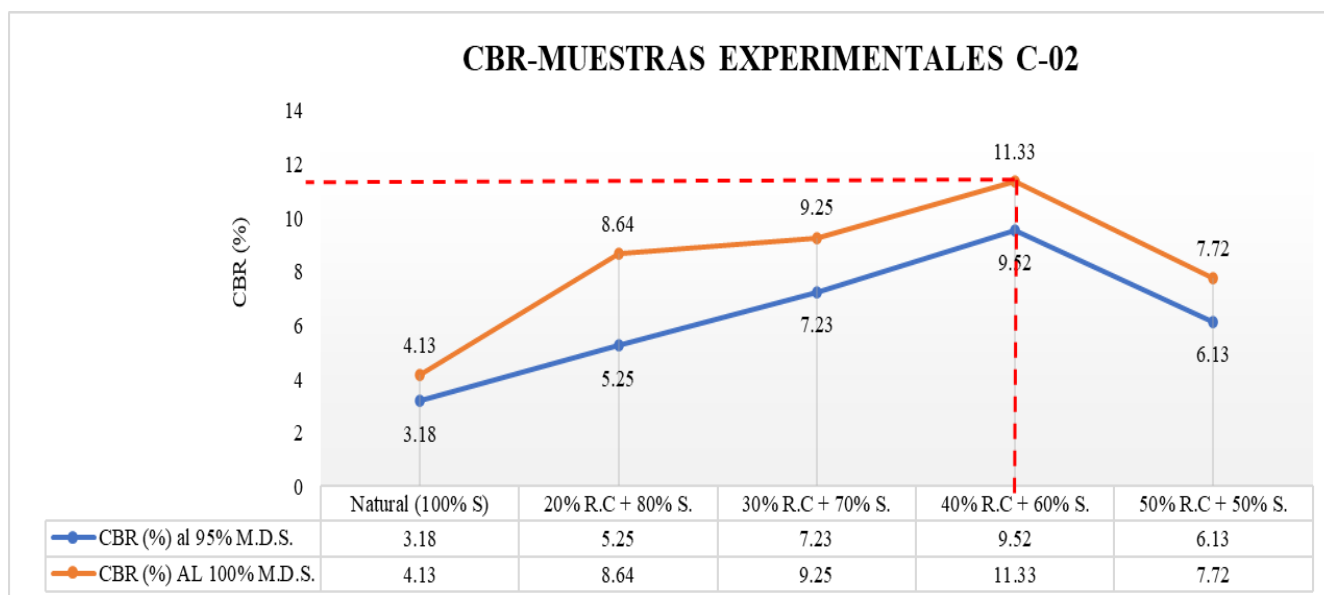


Gráfica 06: OCH (%) en todas las muestras analizadas. Fuente: Elaboración propia

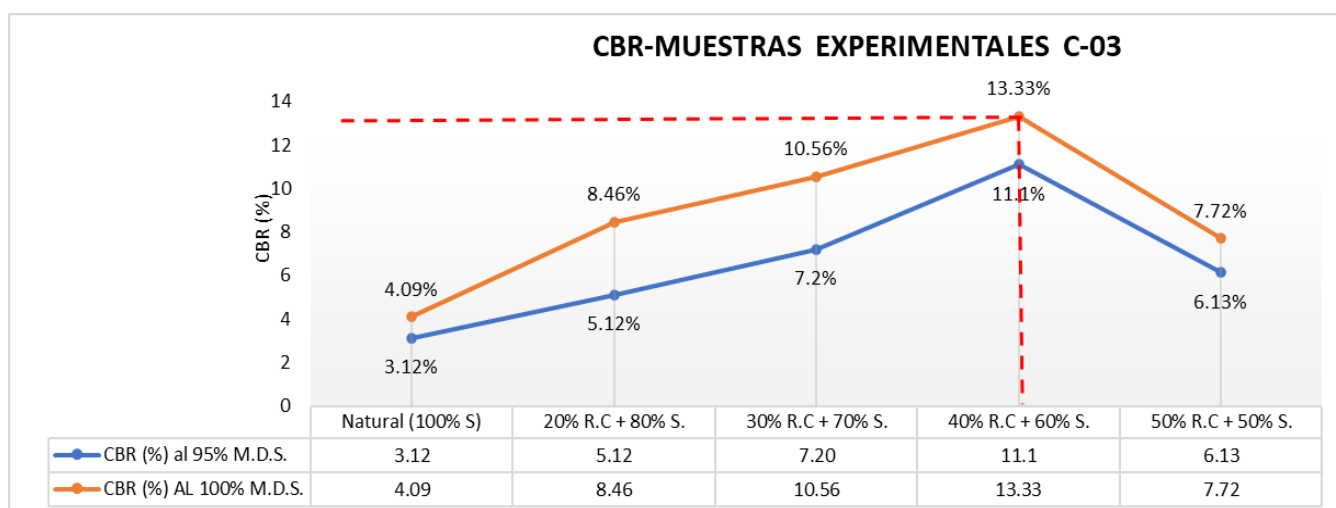
Respecto a la capacidad de soporte, esta propiedad fue analizada mediante las gráficas 07, 08 y 09, en ellas, se relacionó los resultados de CBR según su combinación por cada subrasante, notándose que, el contenido óptimo de la balba de concha de abanico pulverizada en todas las muestras (C-01, C-02 y C-03) resultó el contenido ideal de 40%RC+60 S%, esto según el CBR (100% MDS), utilizándose esta propiedad para determinar la combinación ideal, dado que en ella fue más evidente la influencia de los estabilizante.



Gráfica 07: CBR (%) en muestras C-01. Fuente: Propia



Gráfica 08: CBR (%) en muestras C-02. Fuente: Propia



Gráfica 09: CBR (%) en muestras C-03. Fuente: Propia

Cabe destacar que, la combinación óptima seleccionada fue de 40%RC+60%S., pues esta redujo el IP (%) al 19.00%, 20.00% y 19.00% según sea la muestra, así mismo, aumentó la MDS a 1.80, 1.96 y 1.93 g/cm³ respectivamente, e incrementó el CBR (95%) a 10.12%, 9.52.34% y 11.10% respectivamente, como también, el CBR (100%) incrementó a 11.52%, 11.33% y 13.33% correspondientemente, recategorizando las subrasantes de insuficiente a buena, quedando demostrada la hipótesis que asevera el mejoramiento de propiedades físico-mecánicas en suelos arcillosos incorporando balbas de conchas de abanico

En cuanto al estabilizante de balbas de conchas de abanico, estas se caracterizan por poseer un alto contenido de calcio, el cual permite la ruptura de la estructura de la

arcilla, haciendo que esta pierda su capacidad de retención de agua, generando compuestos cementosos [8, 10]; a su vez, al ser aplicadas en alto porcentaje sobre suelo arcilloso, ocasionan los siguientes cambios: reducción del IP (%) [9, 11], tal como resultó en algunas combinaciones experimentales C-01 y C-02, C-03, esto se debe a la afinidad de las balbas de conchas de abanico al ser pulverizadas por hidratarse, reduciendo el contenido de agua en el suelo; así mismo, adquiere una base granular de fácil compactación, le confiere resistencia y estabilidad.

5. Conclusiones

Se concluye que, la hipótesis planteada resultó veraz, pues al incorporar la balba pulverizada a los suelos arcillosos, estos últimos mejoran sus propiedades físico-mecánicas.

En base a la caracterización de muestras naturales (C-01, C-02 y C-03), se observó que, las tres muestras presentan un contenido de finos superior al 80%, con un IP (%) (C-01, C-02, C-03) alto clasificándose de la siguiente manera: arcillas de plasticidad baja (CL), y así mismo, las tres pertenecen a la categoría de subrasantes insuficientes (CBR (95%) ($3 \geq a \leq 6.00\%$)).

Las balbas de conchas de abanico contaron con una humedad natural de 0.43%, cuya densidad específica fue 2.10g/ml, con un 97.574% calcio (CA), siendo el principal compuesto.

Al aplicar los porcentajes óptimos de los estabilizantes, es decir, 40%RC+60%S, en todas las muestras C-01, C-02 y C-03, se obtuvo los siguientes cambios para la propiedad física de interés, siendo este el IP, alterándose 1.00 a 2.00 veces su valor natural, obteniéndose 19.00%, 20.00% y 19.00% según sea la muestra.

No obstante, al aplicar el 40%RC+60%S, las propiedades mecánicas de las muestras presentaron los siguientes cambios, la MDS, incrementó en su valor original, determinándose 1.907, 1.930 y 1.922 g/cm³ correspondientemente, en tanto, el CBR(95%), aumentó su valor preliminar, alcanzando 10.12%, 9.52.70% y 11.52% respectivamente, así mismo, el CBR(100%) aumentó su valor respecto a la muestra natural, obteniéndose 11.52%, 11.33% y 13.33% correspondientemente, recalándose que, las tres muestras naturales pasaron de ser una subrasante insuficiente a una buena.

6. Recomendaciones

En cuanto a los balbas de conchas de abanico pulverizadas, se recomienda evaluar su comportamiento en diferentes tipos de suelos, distintos porcentajes y/o sumarle un nuevo aditivo que ayude a su mejor de la subrasante.

Para futuras investigaciones, evaluar la combinación de balbas de conchas de abanico con algún material cementante, como el cemento o material reciclable.

Referencias

- ✓ [1] Rodríguez, C. (2019). Del total de la red vial terciaria con la que cuenta Colombia, 96% está en mal estado. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3bakKDD>

- ✓ [2] Tech, Kashif , Khan. (2017). Mejora en las propiedades de ingeniería de suelos con fibra de yute. [En línea]. Disponible: <https://bit.ly/3b6KHUC>

- ✓ [3] A. Carrillo Gil, “Comportamiento Del Suelo Tropical Peruano”, Mayo 2016, [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3nAanLE>

- ✓ [4] Anticona, J. (2020). Adición de concha de abanico triturado como elemento estabilizador en suelos arenosos en la Avenida Umanmarca, Villa el Salvador 2020 (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo, Lima. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3N13fCW>

- ✓ [5] Pezo, F. G. (2018). Mejoramiento y rehabilitación de la carretera vecinal Juan Guerra Bello Horizonte con estabilización de suelo cemento del terreno de fundación y capa de afirmado, distrito de Juan Guerra, provincia de San Martín, Región San Martín (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3xz0F1d>

- ✓ [6] Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, “Estudio De La Seguridad física De Los Acantilados De La Costa Verde” República del Perú Sector Energía y Minas, Perú, Informe, 18, 1997. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3Ehe5kc>.

- ✓ [7] D. Luna Durán, “Zonificación Geotécnica de la Ciudad de Chiclayo”, Universidad Nacional De Ingeniería Facultad de Ingeniería Civil, Perú, Informe Técnico, 1992. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3O34y5v>.

- ✓ [8] “Pistas en JLO generan caos y enfermedades en el distrito”. La Industria De Chiclayo. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3u470kv>

- ✓ [9] A. Montejo Fonseca, Ingeniería de Pavimentos para Carrete, 2th ed. Colombia: 2002.

- ✓ [10] Pavimentos Urbanos, Instituto de la Construcción y Gerencias. CE 010-AÑO 2010. Disponible en: <https://bit.ly/3b8uwpX>

- [11] Ministerio de transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos: sección suelos y pavimentos (2014) [En línea]. Disponible: <https://cutt.ly/8Bdq3Mc>